



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Mamoru NAKASUJI et al.

Serial Number: 10/731,163

Filed: December 10, 2003

Customer No.: 38834

For: AN ELECTRON BEAM APPARATUS AND A DEVICE MANUFACTURING METHOD BY
USING SAID ELETRON BEAM APPARATUS

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

March 23, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2001-181955, filed on June 15, 2001

Japanese Appln. No. 2001-192597, filed on June 26, 2001

Japanese Appln. No. 2001-269880, filed on September 6, 2001

Japanese Appln. No. 2001-270935, filed on September 6, 2001

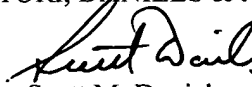
Japanese Appln. No. 2001-273078, filed on September 10, 2001

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 50-2866.

Respectfully submitted,
WESTERMAN, HATTORI, DANIELS & ADRIAN, LLP


Scott M. Daniels
Reg. No. 32,562

Atty. Docket No.: 032154
1250 Connecticut Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20036
Tel: (202) 822-1100
Fax: (202) 822-1111

SGA/my

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2001年 9月 6日

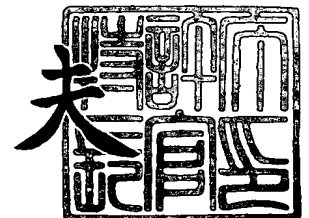
出願番号
Application Number: 特願2001-269880
[ST. 10/C]: [JP2001-269880]

出願人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所

2004年 1月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3000353

【書類名】 特許願

【整理番号】 011441

【提出日】 平成13年 9月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01J

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

【氏名】 加藤 隆男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

【氏名】 渡辺 賢治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】**【識別番号】** 100089705**【住所又は居所】** 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所**【弁理士】****【氏名又は名称】** 社本 一夫**【電話番号】** 03-3270-6641**【選任した代理人】****【識別番号】** 100080137**【弁理士】****【氏名又は名称】** 千葉 昭男**【選任した代理人】****【識別番号】** 100083895**【弁理士】****【氏名又は名称】** 伊藤 茂**【選任した代理人】****【識別番号】** 100093713**【弁理士】****【氏名又は名称】** 神田 藤博**【選任した代理人】****【識別番号】** 100093805**【弁理士】****【氏名又は名称】** 内田 博**【選任した代理人】****【識別番号】** 100106208**【弁理士】****【氏名又は名称】** 宮前 徹

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 051806**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0010958**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置および電子線装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 熱カソードを有する電子銃から放出された電子線を開口に照射し、該開口を通過した電子線を試料に縮小投影し、該試料から放出された二次電子を対物レンズが作る電界で加速し、E×B分離器で二次電子検出器に導く電子線装置において、

二段の偏向器で上記試料を走査するとき、上記対物レンズ近傍の偏向色収差が最小になる位置に、上記二段の偏向器の偏向支点が設定されていることを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 上記電子銃は、空間電荷制限条件で動作することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 3】 上記開口は、正方形形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 4】 上記試料には負の電圧が印加され、上記対物レンズの下極には上記試料よりもさらに低い電位の電圧が与えられることを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のうちのいずれか 1 項に記載の電子線装置を用いて、

加工中又は完成品のウェーハを評価することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子線装置に関し、特に最小線幅 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下のパターンを有するウェーハあるいはマスクなどの試料の評価を高スループット、高信頼性、非破壊で行う電子線装置に関するものである。さらにそのような装置を用いてプロセス途中のウェーハを評価する事による歩留り向上を目指したデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、試料の欠陥等を検査する電子線装置では、TFE電子銃を使用して電子銃のクロスオーバを試料上に集束、走査し、試料からの二次電子を検出する電子線装置が知られている。

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

電子銃がTFE電子銃の場合には、ビーム径が100nmで100nA程度のビーム電流を得ることができるが、100MHzのクロックで駆動させると、ショット雑音 i_N は、二次電子の透過率が50%の場合、

$$\begin{aligned} i_N &= (2e \times 50 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^6)^{1/2} \\ &= 1.265 \times 10^{-9} \text{A} \end{aligned}$$

となり、従って、 S/N は、

$$S/N = 50 \times 10^{-9} / 1.265 \times 10^{-9} = 39.5$$

となり、欠陥検査等を行うのに必要な $S/N > 45$ を満たさず、2回あるいは4回等の走査を行い、平均加算処理を行う必要があった。

【0004】

本発明は、上述のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、100MHzで走査を行い、平均加算処理を行わないで、100nmの解像度を $S/N > 45$ で得るためのビームを得ることができる電子線装置を提供することを目的とする。

【0005】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、熱カソードを有する電子銃から放出された電子線を開口に照射し、該開口を通過した電子線を試料に縮小投影し、該試料から放出された二次電子を対物レンズが作る電界で加速し、 $E \times B$ 分離器で二次電子検出器に導く電子線装置において、二段の偏向器で上記試料を走査するとき、上記対物レンズ近傍の偏向色収差が最小になる位置に、上記二段の偏向器の偏向支点が設定されていることを特徴とする電子線装置を提供する。

【0006】

また、上記電子銃は、空間電荷制限条件で動作することができる。また、上記開口は、正方形形状にすることができる。また、上記試料には負の電圧が印加され、上記対物レンズの下極には上記試料よりもさらに低い電位の電圧を与えることができる。

【0007】

さらに、本発明は、請求項1乃至4のうちのいずれか1項に記載の電子線装置を用いて、加工中又は完成品のウェーハを評価することを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる電子線装置の実施の形態について図面を参照しながら述べる。図1に示すように、電子線装置は、電子銃50と、一次電子線の軸合わせを行うための軸合わせ偏向器4、5と、コンデンサレンズ6と、板状のものにけられた正方形形状の開口7と、NA開口19と、コンデンサレンズ9と、NA開口19とコンデンサレンズ9の軸合わせを行うための軸合わせ偏向器8、20と、一次電子線走査用の静電偏向器10と、静電偏向器11と電磁偏向器12とから構成されたE×B分離器13と、上部電極14と中央電極15と下部電極16とから構成された対物レンズ60と、試料17から放出された二次電子の検出信号を検出する検出系の二次電子検出器18とを有している。

【0009】

上記電子銃50は、熱電子放出カソード1と、ウェーネルト2と、アノード3とから主に構成されており、一次電子線を放出して試料17に照射するためのものである。熱電子放出カソード1は、表面の結晶方位が<100>の単結晶LaB₆を先端部の直径が50μmになるように研磨されて形成されている。ウェーネルト2には、直径が1.5mmの開口を有する平坦ウェーネルトが用いられている。また、アノード3は、直径が8mmの開口を有しており、ウェーネルト2から光軸方向に5mm離れた位置に配置されている。

【0010】

電子銃50の熱電子放出カソード1から放出された一次電子線は、軸合わせ偏

向器 4, 5 によってコンデンサレンズ 6 に対して軸合わせが行われて、開口 7 に照射され、開口 7 によって正方形形状のビーム径に形成される。開口 7 を通過した一次電子線は、軸合わせ偏向器 8, 20 によって NA 開口 19 とコンデンサレンズ 9 に対して軸合わせが行われ、コンデンサレンズ 6 によって集束されて NA 開口 19 にクロスオーバを形成する。NA 開口 19 を通過した一次電子線は、コンデンサレンズ 9 (縮小レンズ) によって試料 17 上に集束される。コンデンサレンズ 9 によって試料 17 上に集束された一次電子線は、対物レンズ 60 によって試料 17 に 100 nm 角のビーム径として縮小投影されて結像される。

【0011】

上記試料 17 には、 -4000 V の負の電圧が印加され、対物レンズ 60 の下部電極 16 には -4100 V の負の電圧が印加される。すなわち、対物レンズ 60 の下部電極 16 には試料 17 に印加された負の電圧よりもさらに低い電位の電圧が与えられる。このようにすることにより、試料 17 面上の高電位パターンから放出された二次電子を追い戻し、低電位パターンから放出された二次電子を選択的に対物レンズ 60 を通過させることができるので、試料 17 上の電位コントラストを良い S/N 比で得ることができる。

【0012】

対物レンズ 60 の中央電極 15 には、 20 KV の電圧が印加されるため、通常動作では試料 17 の走査点から放出された二次電子は、対物レンズ 60 の中央電極 15 に印加された正の高電圧で引かれて加速 (対物レンズ 60 が作る電界で加速) ・集束され、E×B 分離器 13 によって一次光学系から分離され、二次電子検出器 18 に集められる。この E×B 分離器 13 は、8 極の静電偏向器 11 の外側にサドル型偏向器を巻き、その外側にパーマロイリングでコアを形成したものである。

【0013】

試料 17 上の走査は、静電偏向器 10 と E×B 分離器 13 の静電偏向器 11 との二段の偏向器による二段偏向によって行われる。このとき、対物レンズ 60 近傍の偏向色収差が最小になる位置に、上記二段の偏向器の偏向支点が設定されている。より具体的には、上記二段の偏向器の偏向支点は、対物レンズ 60 の上部

電極 14 の少し上方に設定されており、これによって、対物レンズ 60 近傍の偏向色収差を最小にしている。

【0014】

検出器 18 は、結像された二次電子を検出し、その強度を表す電気信号（二次電子の検出信号）として図示しない画像形成部に出力する。また、該画像形成部には、静電偏向器 10 及び静電偏向器 11 に与えられた一次電子線を偏向させるための走査信号がさらに供給される。画像形成部は、走査信号と電気信号とから画像データを合成して、試料 17 の被走査面を表す画像（SEM 像）を構成しないしは表示することができる。この画像データを、欠陥の存在しない試料の基準データと比較することにより、試料 17 の欠陥を検出することができる。

【0015】

E×B 分離器 13 の複数の電極は、機械加工可能なセラミックスを加工して形成し、その表面に選択的に金属コーティングを施すことによって形成されているため、外径を小さくすることができる。また、電磁偏向器 12 はサドル型偏向器であるため、外径を小さくすることができる。E×B 分離器 13 は、直径が略 40 mm の外径にすることができ、スループットを向上させることができる。また、一枚の試料 17 上に 12 本の電子光学鏡筒を配置すれば、12 倍の高スループットを得ることができる。

【0016】

また、上述のように、対物レンズ 60 近傍の偏向色収差を最小にすることにより、直径が 110 nm のビーム径で、20 nA 以上のビーム電流を得ることができる。以下、これについてより具体的に述べる。図 2 には、対物レンズ 60 の下部電極 16 と試料 17 との光軸方向の距離を 2 mm とした場合における、上記光学系で得られるビーム電流を算出したグラフを示している。図 2 において、Ct は偏向色収差を示し、Cax は軸上色収差を示し、Co はコマ収差を示し、Sp は球面収差を示し、As は非点収差を示している。また、T は、直径が 110 nm のビーム径を得るときの試料 17 上での直径であり、

$$T^2 = 110^2 - Ct^2 - Cax^2 - Co^2 - Sp^2 - As^2$$

から得ることができ、図 2 に示すように曲線になる。また、符号 90 は、右下が

り 45 度の傾斜をもつ直線であり、この直線 90 と曲線 T との接点が最適値となる。すなわち、開口半角 = 33 mrad、 $T_{opt} = 76.4 \text{ nm}$ であり、ビーム電流 I は、

$$\begin{aligned} I &= \pi^2 (33 \times 10^{-3})^2 \times (76.4 \times 10^{-5} / 2)^2 \times 1.5 \times 10^5 \\ &= (\pi \times 1.26 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-2})^2 \times 1.5 \times 10^5 \\ &= 23.5 \text{ nA} \end{aligned}$$

となり、20 nA 以上のビーム電流が得られることがわかる。以上は、クロスオーバー像を縮小してプローブとした場合の計算であり、開口を通過した電子線の縮小像をプローブとした場合は、さらに大きいビーム電流が得られる。

【0017】

また、電子銃 50 は、空間電荷制限条件で動作させることができる。この場合、ショット雑音 I_N は、TFE 電子銃と同様に二次電子の透過率を 50 % とすると、

$$\begin{aligned} I_N &= \Gamma \times (2eI\Delta f)^{1/2} \quad (\text{ただし、}\Gamma = 0.13) \\ &= 0.13 \times (2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^6) \\ &\quad)^{1/2} \\ &= 7.35 \times 10^{-11} \text{ A} \end{aligned}$$

となり、従って、 S/N は、

$$S/N = 10 \times 10^{-9} / 7.35 \times 10^{-11} = 136$$

となり、ショット雑音を小さくすると共に、欠陥検査等を行うのに必要な $S/N > 45$ を満たし、従来のように、2 回あるいは 4 回等の走査を行って平均加算処理を行う必要がなく、1 回の走査で 100 MHz 以上の周波数で動作しても十分な信号を得ることができると共に、100 nm の解像度を $S/N > 45$ で得るためのビームを得ることができる。

【0018】

次に、図 3 及び図 4 を参照して、上記実施の形態で示した電子線装置により半導体デバイスを製造する方法の実施の形態について説明する。図 3 は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

(1) ウェーハを製造するウェーハ製造工程 (又はウェーハを準備するウェーハ準備工程) (ステップ100)

(2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程 (又はマスクを準備するマスク準備工程) (ステップ101)

(3) ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセス工程 (ステップ102)

(4) ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程 (ステップ103)

(5) 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程 (ステップ104)

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0019】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが (3) のウェーハプロセス工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセス工程は以下の各工程を含んでいる。

(A) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)

(B) この薄膜層を形成する別の手段であるウェーハ基板を酸化する酸化工程

(C) 薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程

(D) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)

(E) イオン・不純物注入拡散工程

(F) レジスト剥離工程

(G) 加工されたウェーハを検査する工程

なお、ウェーハプロセス工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0020】

図4は、上記ウェーハプロセス工程の中核をなすリソグラフィー工程を

示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ 200)

(b) レジストを露光する工程 (ステップ 201)

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 (ステップ 202)

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程 (ステップ 203)

上記の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

【0021】

上記 (G) の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【0022】

【発明の効果】

請求項 1 記載の発明によれば、熱カソードを有する電子銃から放出された電子線を開口に照射し、該開口を通過した電子線を試料に縮小投影し、該試料から放出された二次電子を対物レンズが作る電界で加速し、 $E \times B$ 分離器で二次電子検出器に導く電子線装置において、二段の偏向器で上記試料を走査するとき、上記対物レンズ近傍の偏向色収差が最小になる位置に、上記二段の偏向器の偏向支点が設定されているため、偏向してもビーム径が大きくなる。また、開口の縮小像をビームとしているので、大きなビーム電流を得ることができる。

【0023】

請求項 2 記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明において、上記電子銃を、空間電荷制限条件で動作するようにしたため、ショット雑音を小さくすると共に、欠陥検査等を行うのに必要な $S/N > 45$ を満たし、平均加算処理を行う必要がなく、1 回の走査で十分な信号を得ることができると共に、 100 nm の解

像度を $S/N > 45$ で得るためのビームを得ることができる。

【0024】

請求項3記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、上記開口を、正方形形状にしたため、小さな輝度で大きなビーム電流を得ることができる。

【0025】

請求項4記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、上記試料には負の電圧が印加され、上記対物レンズの下極には上記試料よりもさらに低い電位の電圧が与えられるため、試料上の電位コントラストを良い S/N 比で得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明にかかる電子線装置の実施の形態を示す概略構成図である。

【図2】

図2は、上記実施の形態における光学系で得られるビーム電流を算出したグラフである。

【図3】


図3は、半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図4】

図4は、図3の半導体デバイスの製造方法のうちリソグラフィ工程を示すフローチャートである。

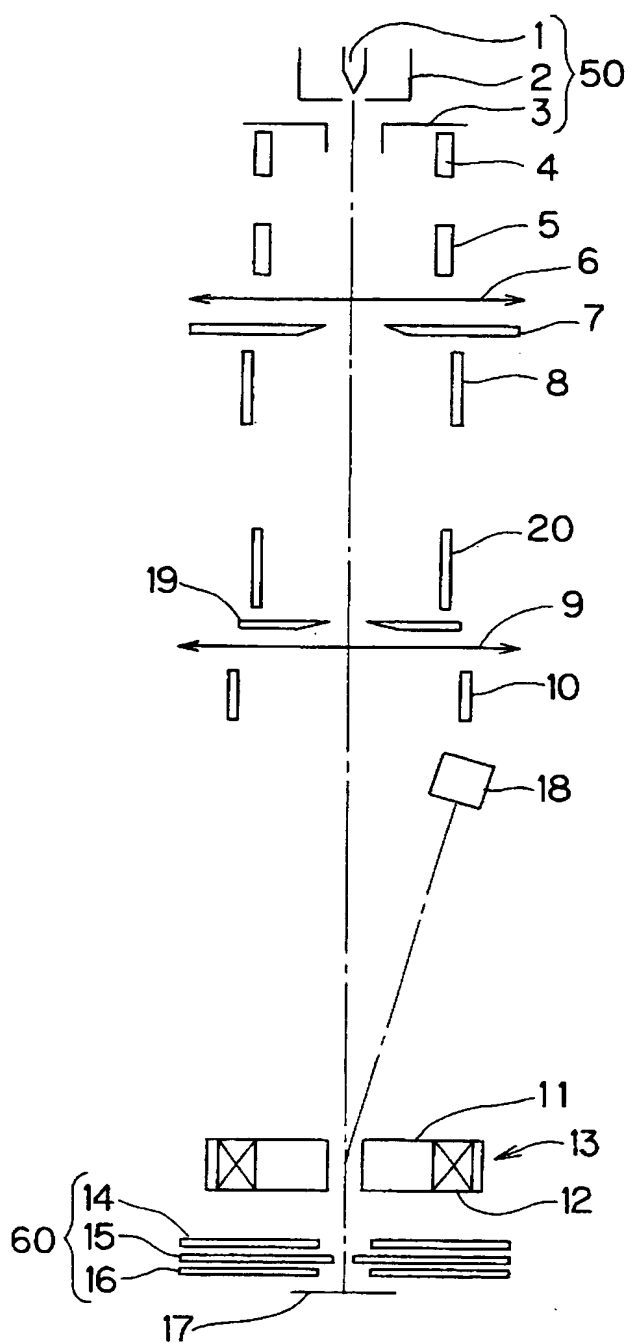
【符号の説明】

- 1 熱電子放出カソード
- 2 ウェーネルト
- 3 アノード
- 4 軸合わせ偏向器
- 5 軸合わせ偏向器
- 6 コンデンサレンズ
- 7 開口
- 8 軸合わせ偏向器

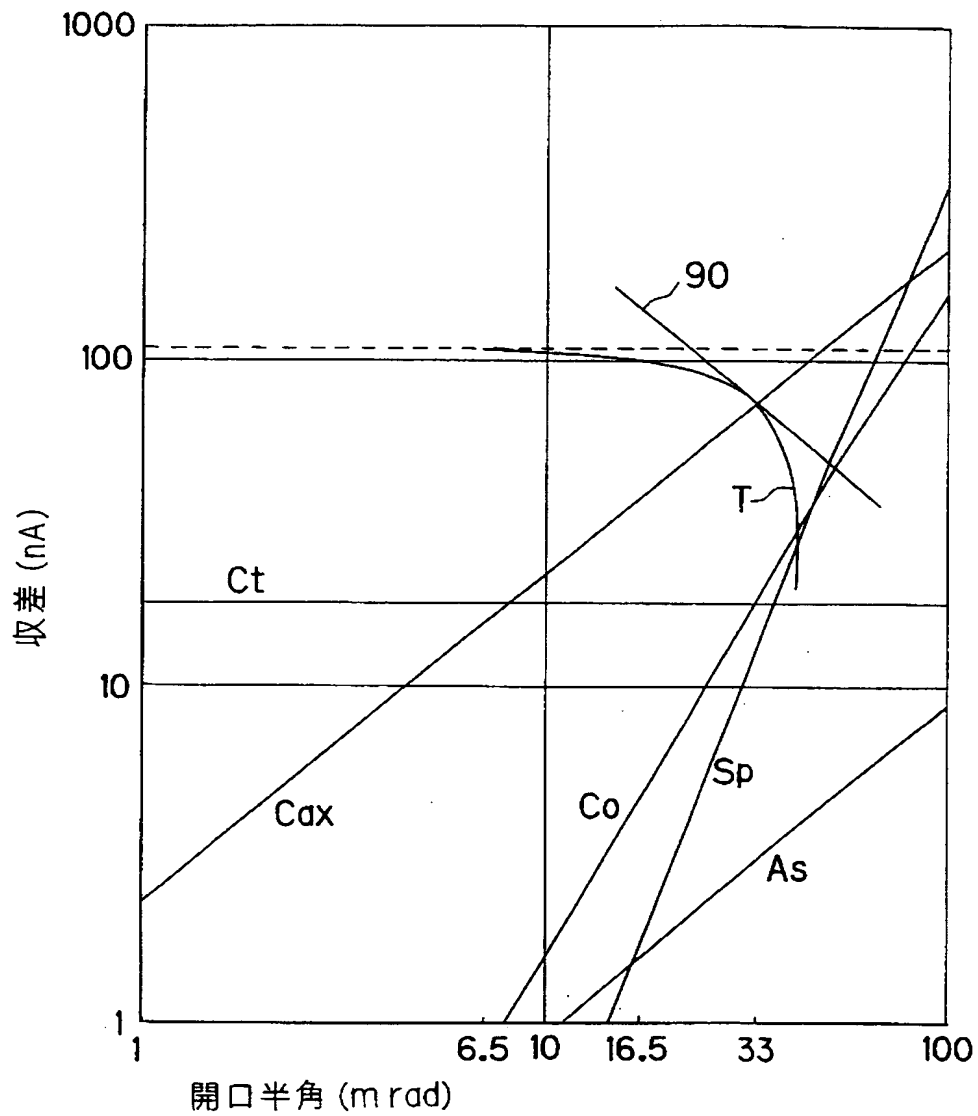
- 
- 9 コンデンサレンズ
1 0 静電偏向器
1 1 静電偏向器
1 2 電磁偏向器
1 3 E × B 分離器
1 4 上部電極
1 5 中央電極
1 6 下部電極
1 7 試料
1 8 二次電子検出器
1 9 N A 開口
2 0 軸合わせ偏向器
5 0 電子銃
6 0 対物レンズ

【書類名】 図面

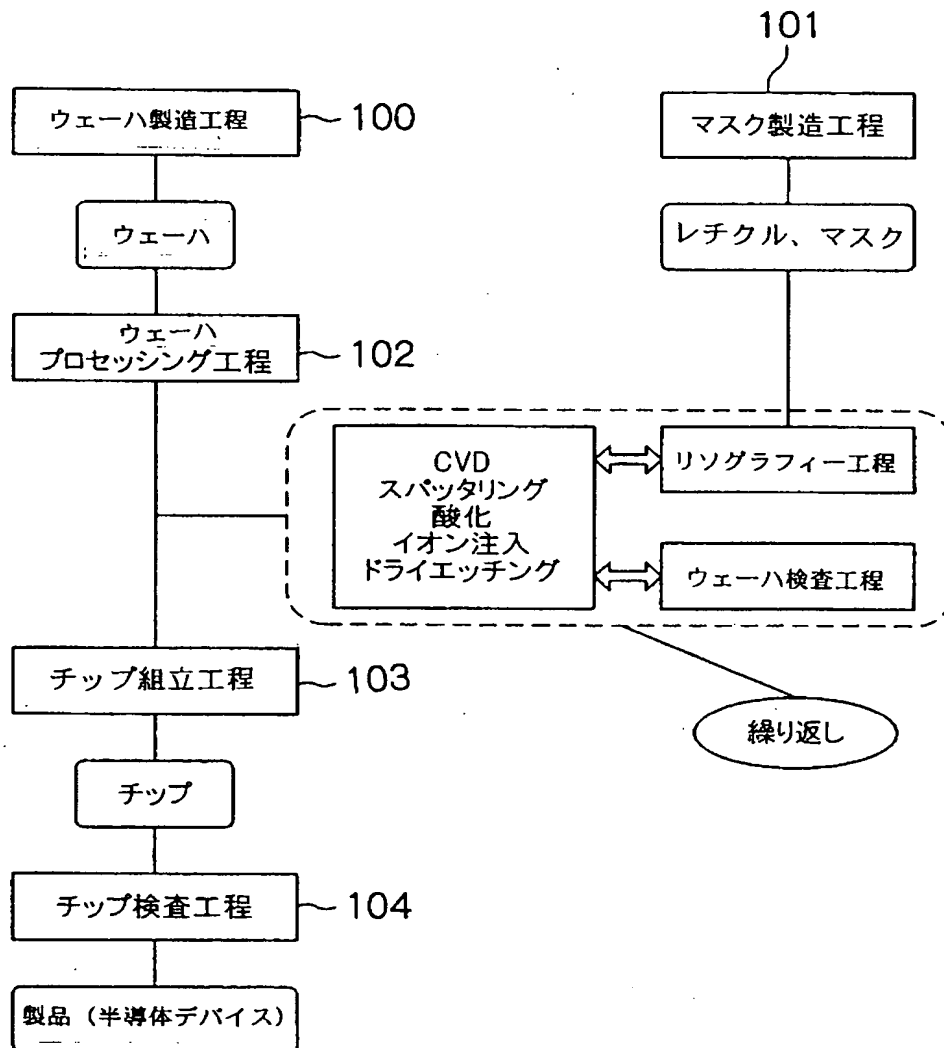
【図 1】



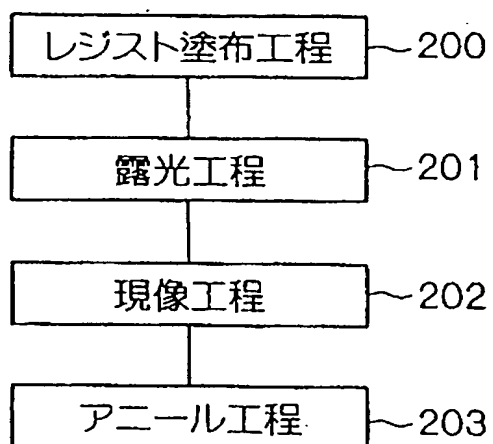
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 100MHz で走査を行い、平均加算処理を行わないで、100nm の解像度を $S/N > 45$ で得るためのビームを得ることができる電子線装置を得る。

【解決手段】 熱カソード1を有する電子銃50から放出された電子線を開口7に照射し、開口7を通過した電子線を試料17に縮小投影し、試料17から放出された二次電子を対物レンズ60が作る電界で加速し、E×B分離器13で二次電子検出器18に導く電子線装置において、二段の偏向器10, 11で試料17を走査するとき、対物レンズ60近傍の偏向色収差が最小になる位置に、二段の偏向器10, 11の偏向支点が設定されている。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 1 - 2 6 9 8 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
氏 名	株式会社荏原製作所